

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Hrvoje Ferina

**POVEĆANJE SIGURNOSTI PROMETA NA RASKRIŽJU
ULICA ČRNOMEREC - KRČELIĆEVA – DR. MILANA
ROJCA U GRADU ZAGREBU**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

Zagreb, 23. svibnja 2016.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3819

Pristupnik: **Hrvoje Ferina (0007069888)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

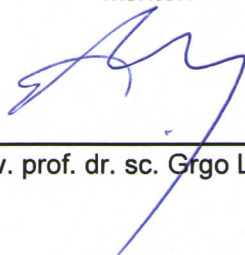
Zadatak: **Povećanje sigurnosti prometa na raskrižju ulica Črnomerec - Krčelićeva -
Milana Rojca u Gradu Zagrebu**

Opis zadatka:

Zadatak završnog rada je prijedlog rješenja za povećanje sigurnosti prometa na raskrižju ulica Črnomerec - Krčelićeva - dr. Milana Rojca u Gradu Zagrebu. U radu je potrebno opisati odvijanje prometa u raskrižjima, podjelu raskrižja te detaljno obraditi kružna raskrižja, sve s naglaskom na sigurnost prometa. Prema obrađenoj teoriji o raskrižjima potrebno je analizirati postojeće stanje navedenog raskrižja te izraditi prijedlog prometnog rješenja za povećanje sigurnosti istog

Zadatak uručen pristupniku: 2. svibnja 2016.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Grgo Luburić

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**POVEĆANJE SIGURNOSTI PROMETA NA RASKRIŽJU
ULICA ČRNOMEREC - KRČELIĆEVA – DR. MILANA
ROJCA U GRADU ZAGREBU**

**IMPROVEMENT OF TRAFFIC SAFETY FOR
INTERSECTION OF ČRNOMEREC STREET -
KRČELIĆEVA STREET - DR. MILAN ROJC STREET
IN THE CITY OF ZAGREB**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Grgo Luburić

Student: Hrvoje Ferina

JMBAG: 0007069888

Zagreb, 2017.

SAŽETAK

Raskrižja se mogu opisati kao točke u cestovnoj mreži u kojima se povezuju dvije ili više prometnica, a prometni tokovi se ispliću, upliću, prepliću ili križaju. Zbog navedenih prometnih radnji i mogućih konflikata, koji se ne pojavljuju na otvorenim potezima ceste, na raskrižjima su izrazito naglašeni problemi propusnosti i sigurnosti prometa. U završnom radu opisuje se odvijanje prometa u raskrižjima, podjela raskrižja te detaljno razrađuju kružna raskrižja, sve s naglaskom na sigurnost prometa. Prema obrađenoj teoriji o raskrižjima, izrađuje se analiza postojećeg stanja raskrižja ulica Črnomerec - Krčelićeva – dr. Milana Rojca u Gradu Zagrebu te prijedlog prometnog rješenja za povećanje sigurnosti navedenog raskrižja.

KLJUČNE RIJEČI: cestovna raskrižja, urbana kružna raskrižja, povećanje sigurnosti prometa, Grad Zagreb, Črnomerec

SUMMARY

Road intersections can be described as points in the road network that connect two or more roads, and where the traffic flows divide, merge, overlap or intersect. Because of the mentioned traffic operations and possible conflicts, which do not appear in open roads, intersections include problems with traffic permeability and safety. This study describes the traffic flow at intersections, types of intersections, and elaborates roundabouts in detail, all with the emphasis on traffic safety. According to the documentation of the intersections, analysis of the current state of the intersection of Krčelićeva street - dr. Milana Rojca street in the City of Zagreb is made, and the solution for the improvement of traffic safety to said intersection is proposed.

KEYWORDS: road intersections; urban roundabouts; improvement of traffic safety; City of Zagreb, Črnomerec

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PROMET U RASKRIŽJU	2
2.1. PROMETNI TOKOVI U RASKRIŽJU	2
2.1.1. NEPREKINUTI PROMETNI TOKOVI	4
2.1.2. PREKIDANI PROMETNI TOKOVI	4
2.2. PROMETNE RADNJE I KONFLIKTI	4
3. PODJELA RASKRIŽJA	7
3.1 RASKRIŽJA U RAZINI (RUR)	9
3.1.1. KLASIČNA POVRŠINSKA RASKRIŽJA	9
3.1.2. POVRŠINSKA RASKRIŽJA S KRUŽNIM TOKOM	11
3.2 RASKRIŽJA IZVAN RAZINE (RIR)	11
4. ZNAČAJKE KRUŽNIH RASKRIŽJA	13
4.1 ELEMENTI KRUŽNOG RASKRIŽJA	13
4.2 SVOJSTVA KRUŽNOG RASKRIŽJA	16
4.2.1. POSEBNOSTI KRUŽNIH RASKRIŽJA	16
4.2.2. PREDNOSTI KRUŽNIH RASKRIŽJA	17
4.2.3. NEDOSTATCI KRUŽNIH RASKRIŽJA	18
4.3 PODJELA KRUŽNIH RASKRIŽJA	19
4.3.1. PODJELA KRUŽNIH RASKRIŽJA S OBZIROM NA LOKACIJU, VELIČINU I OBLIK	19
4.3.2. PODJELA KRUŽNIH RASKRIŽJA S OBZIROM NA NAMJENU	21
4.3.3. OSTALE PODJELE KRUŽNIH RASKRIŽJA	21
4.4 PROMETNA SIGURNOST U KRUŽNIM RASKRIŽJIMA	22
4.4.1. SIGURNOST MOTORIZIRANIH SUDIONIKA	22
4.4.2. SIGURNOST NEMOTORIZIRANIH SUDIONIKA	24
4.5 PREGLEDNOST U KRUŽNIM RASKRIŽJIMA	26
4.6 PROMETNA SIGNALIZACIJA KRUŽNIH RASKRIŽJA	27
5. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA ČRNOMEREC-KRČELIĆEVA- DR. MILANA ROJCA U GRADU ZAGREBU	30
6. PRIJEDLOG PROMETNOG RJEŠENJA RASKRIŽJA ČRNOMEREC-KRČELIĆEVA- DR. MILANA ROJCA U GRADU ZAGREBU	32
7. ZAKLJUČAK	35
LITERATURA	36
POPIS SLIKA	37
POPIS TABLICA	37

1. UVOD

U cestovnoj mreži raskrižja su osnovne točke funkcioniranja prometnog sustava. Ovisno o značenju cestovnih pravaca koji se križaju, rješenje raskrižja može biti u istoj ili u više razina. S motrišta odvijanja prometa, treba nastojati da se prometni tokovi međusobno što manje sukobljavaju, tj. treba smanjiti broj konfliktnih točaka na čvorištu. Mjesta sukobljavanja prometnih tokova su križanja, preplitanja, izlivanje (odvojci) i ulijevanja (priklučci). Reguliranje prometa ima također veliko značenje jer se pravilnim reguliranjem može smanjiti broj kritičnih točaka na čvorištu.

Najviši stupanj sigurnosti i protočnosti imaju raskrižja izvan razine, ali se zbog zauzimanja velike površine zemljišta i visoke cijene izvedbe primjenjuju samo na cestama višeg reda. U mreži javnih cesta primjenjuju se raskrižja u razini, čine ih klasična rješenja priklučaka i križanja u užem smislu, te raskrižja s kružnim tokom koja se primjenjuju na mjestima gdje je intenzitet prometa takav da bi svako drugo rješenje, osim križanja u dvije razine, uzrokovalo smetnje u prometu.

Zadatak završnog rada je prijedlog rješenja za povećanje sigurnosti prometa na raskrižju ulica Čnomerec - Krčelićeva – dr. Milana Rojca u Gradu Zagrebu.

U prvom dijelu rada će se opisati odvijanje prometa u raskrižjima tj. prometni tokovi te prometne radnje i konflikti te podjela raskrižja s naglaskom na sigurnost prometa.

U središnjem dijelu detaljno se razrađuju kružna raskrižja, tj. njihovi elementi, svojstva i podjela prema najvažnijim čimbenicima te sigurnost, preglednost i prometna signalizacija u kružnim raskrižjima

U završnom dijelu, prema obrađenoj teoriji o raskrižjima, napravljena je analiza postojećeg stanja raskrižja ulica Čnomerec - Krčelićeva – dr. Milana Rojca u Gradu Zagrebu s aspekta sigurnosti odvijanja motoriziranog i nemotoriziranog prometa. Na temelju zaključaka analize izrađuje se prijedlog prometnog rješenja za povećanje sigurnosti navedenog raskrižja.

2. PROMET U RASKRIŽJU

Raskrižja se mogu opisati kao točke u cestovnoj mreži u kojima se povezuju dvije ili više prometnica, a prometni tokovi se ispliću, upliću, prepliću ili križaju. Zbog navedenih prometnih radnji i mogućih konflikata, koji se ne pojavljuju na otvorenim potezima ceste, na raskrižjima su izrazito naglašeni problemi propusnosti i sigurnosti prometa.¹

Da se izbjegne zagušenje i nered u raskrižju, pristupa se smanjenju konfliktnih točaka i površina uz pomoć vremenskog razdjeljivanja (sortiranja) i prostornog razdjeljivanja (s horizontalnim proširenjima i vertikalnim razdjeljenjima) pojedinih dijelova ili razina raskrižja.

Uobičajena opća podjela umnogome se daje preslikati s podjele po razinama razdjeljivanja prometnih tokova, pri čemu se podrazumijeva posljedičnost funkcionalne klasifikacije, teorije i prakse prometnih tokova, zahtjeva propusne moći i sigurnosti prometa, smanjenja konfliktnih zona itd.²

Opći zahtjevi za raskrižje

Pri izboru mjesta i načina rješavanja raskrižja neophodno je svaki slučaj posebno proučiti, jer je loše koncipirano i oblikovana raskrižje opasnost za sigurnost prometa. Visoki zahtjevi u pogledu projektiranja i uporabe raskrižja trebaju se provjeriti uz pomoć osnovnih, odnosno svrsishodnih mjerila. Ističu se najbitniji:³

- sigurnost prometa;
- kvaliteta odvijanja prometa;
- utjecajnost na okolinu i okoliš;
- ekonomičnost rješenja.

2.1. PROMETNI TOKOVI U RASKRIŽJU

Način vođenja prometnih tokova u području raskrižja je najbitniji činitelj koji determinira različitost u prometnim radnjama. Prometni tokovi se razlikuju po svojoj prirodi odvijanja i općenito se u zoni raskrižja dijele na:

- neprekinute prometne tokove;
- prekidane prometne tokove.

Neprekinuti prometni tok - s uvjetima vožnje pod kojima se vozilo u prijelazu dionice ceste ili prometnog traka mora zaustaviti samo zbog čimbenika unutar prometnog toka;

¹ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str. 1

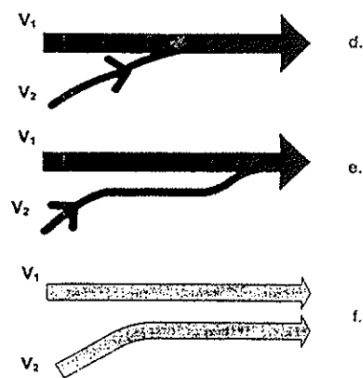
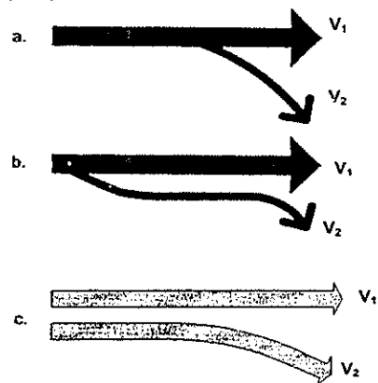
² Ibid, str. 36

³ Ibid, str. 3

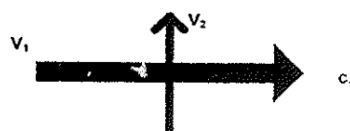
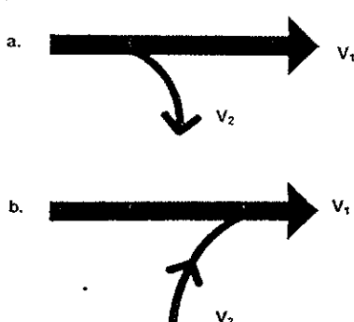
Prekidani prometni tok - s uvjetima vožnje pod kojima vozilo na dionici ceste odnosno prometnog traka, mora obavezno stati ispred raskrižja zbog prometnih znakova ili signala.

Prometna su događanja u području raskrižja uvjetovana međusobnim odnosima od barem dva prometna toka. Pri tome se treba u nekim odnosima (uplitanje i križanje) definirati glavni tok (tok u prednosti), odnosno sporedni ili podređeni tok.⁴

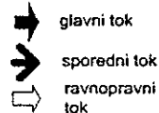
1) Neprekinuti tokovi



2) Prekidani tokovi



Oznake:



Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str. 8

Slika 1. Vrste prometnih tokova

⁴ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str. 7

2.1.1. NEPREKINUTI PROMETNI TOKOVI

U ovim se slučajevima prometni tokovi dijele ili sjedinjuju s podjednakim brzinama ($V_1 = V_2$) pod ostrim kutom, bez zaustavljanja. Na slici 1. vidljiva su osnovna svojstva, a za napomenuti je da se za potrebnu razinu prometne sigurnosti moraju osigurati dovoljne preglednosti uz pomoć dobro odmjerenih projektnih elemenata.

Proizlazi da su neophodne prostorne i vremenske praznine u nadređenom/glavnom prometnom toku relativno kratke.⁵

U slučajevima ovakvih prometnih tokova povećavaju se zahtjevi u pogledu obučenosti i sposobnosti vozača. Činjenica je, da su zbog velikih brzina i dugačkih putanja vozila, ovakvi potezi neprikladni za uvođenje svjetlosnih signalnih uređaja.

2.1.2. PREKIDANI PROMETNI TOKOVI

Ovakav prometni tok može se definirati kao onaj koji se ispliće, upliće ili križa te prolazi zonom konflikta malom brzinom ili se zaustavlja ($V_1 > V_2$) pod što okomitijim kutovima i uz zahtjev jasnog reguliranja prednosti (ili podređenosti).

Zona konflikata može se svesti na malu površinu s kratkim putovima vozila (što je oblikovni princip). Ovakvi slučajevi i kombinacije tokova su izrazitije prikladni za uvođenje svjetlosne signalizacije (slika 1-2). U primjeni prekidanih prometnih tokova za jače opterećena raskrižja zapinju sporedni prometni tokovi, a potrebne vremenske praznine veće su oko dva puta od onih za neprekinute prometne tokove.⁶

2.2. PROMETNE RADNJE I KONFLIKTI

Osnovne prometne radnje (koje uzrokuju konfliktne situacije različitih stupnjeva) nastaju ponajprije zbog promjene smjera, ali i brzine jednog ili više vozila. Na slici 2 prikazane su prednosti i nedostaci prometnih radnji, po gradaciji od najlakših (isplitanje) do najopasnijih (križanje):⁷

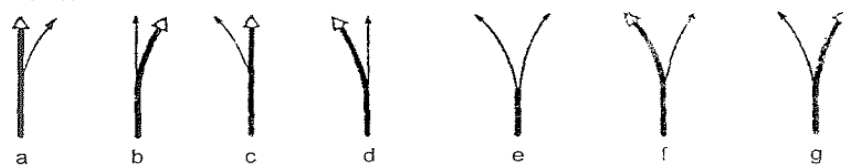
- isplitanje - dijeljenje prometnih tokova;
- uplitanje sjedinjavanje prometnih tokova;
- preplitanje - međusobna izmjena prometnih trakova ili tokova;
- križanje (presijecanje) - međusobno križanje/presijecanje prometnih tokova.

⁵ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str. 8

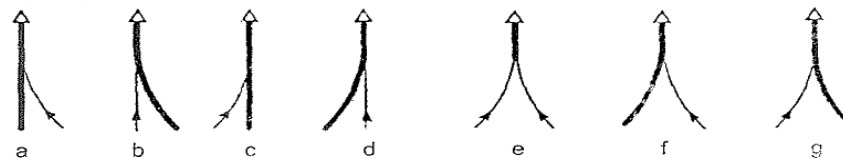
⁶ Ibid, str. 8

⁷ Ibid, str. 10

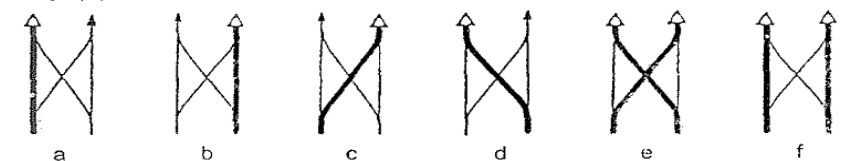
1. Isplitanje (I)



2. Uplitanje (U)



3. Preplitanje (P)



4. Križanje (K)



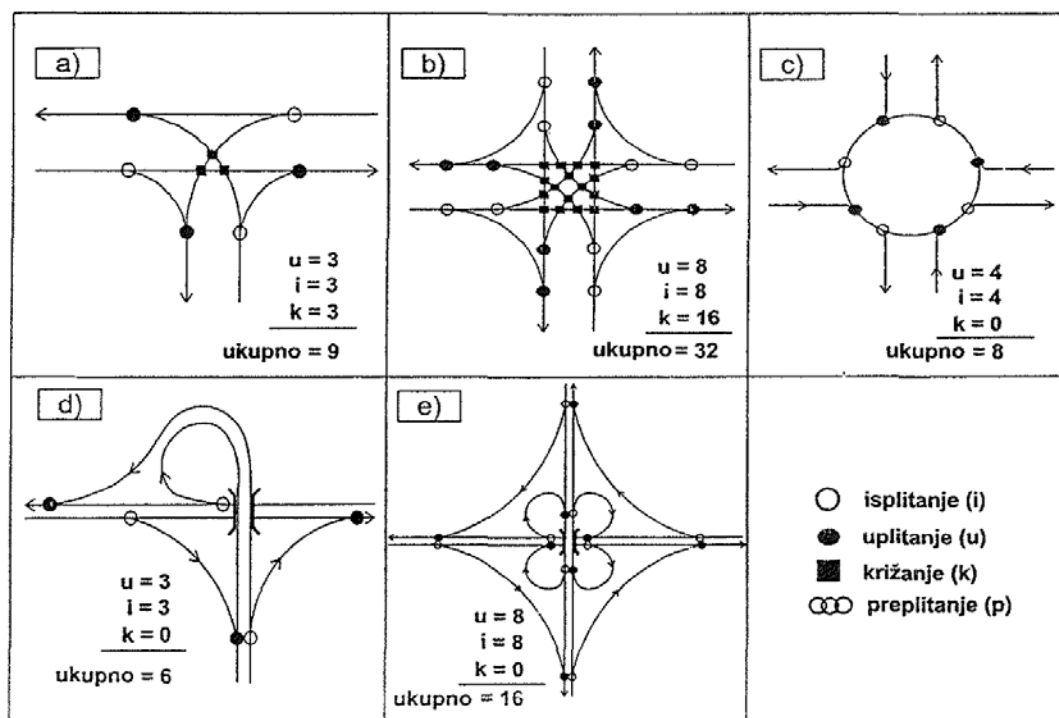
Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str. 11

Slika 2. Prometne radnje (deblje-glavni tok, tanje-sporedni tok)

Konfliktna situacija se može definirati kao zbroj svih konfliktnih točaka koje su uzrokovane prometnim radnjama isplitanja, uplitanja, preplitanja i križanja prometnih tokova na površini raskrižja (uvjetno se konfliktna točka ovdje izjednačava s četiri vrste prometnih radnji).

Broj konfliktnih točaka ovisi samo o vrsti ili tipu te obliku raskrižja, a stvaran broj konflikata u znatnoj mjeri ovisan je o geometrijskom oblikovanju, o slobodnoj vidljivosti, o prometnom opterećenju i sl.⁸

⁸ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str. 12



Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str. 13

Slika 3. Primjeri konfliktnih točaka u raskrižju

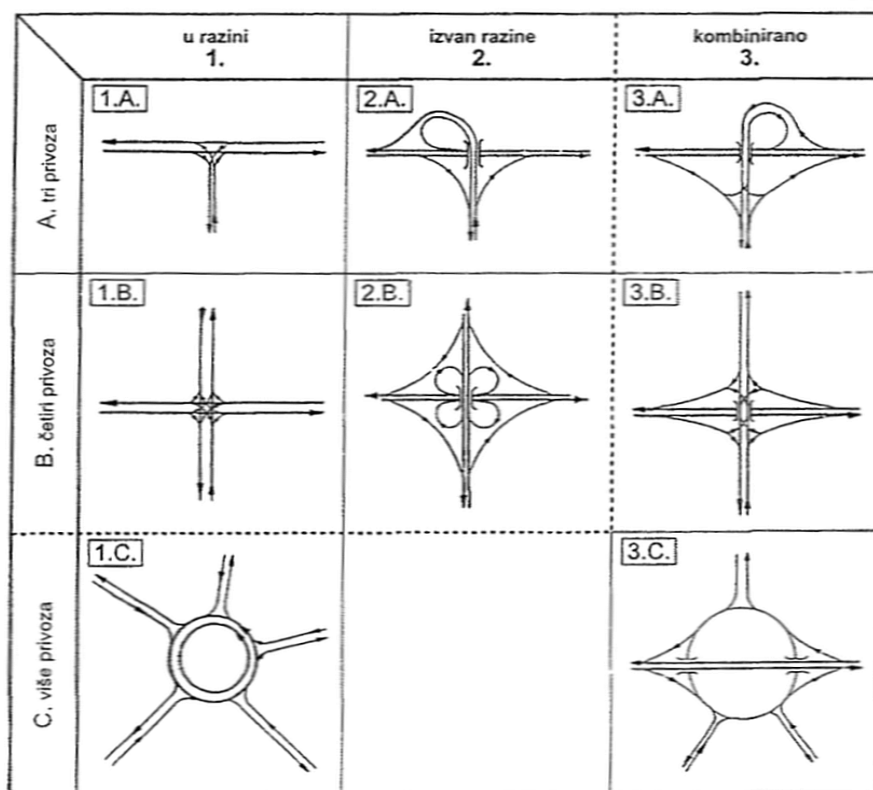
Za napomenuti je da najveći broj konfliktnih točaka sadrže raskrižja u razini (slika. 3-a,b), a manje ih je (bez križanja) u raskrižjima izvan razine (slika. 3.d,e) te u raskrižjima s kružnim tokom (slika. 3.c).

3. PODJELA RASKRIŽJA

Raskrižja se mogu razvrstati, tipizirati ili dijeliti prema više osnova ili mjerila. U koncepcijskom pogledu podjele se mogu sagledati kroz nekoliko mjerila: prometno-planerska, prometno-tehnička i prometno-građevinska, a svi podrazumijevaju analizu svojstava prometnog toka (neprekinuti, prekidani), razne razmjene smjerova, prometni režim (sa/bez signalizacije) itd. Čimbenici koji presudno utječu na odabir raskrižja su zahtijevana propusna moć i sigurnost prometa, a u obzir se još uzima značajka prometa i priveza, prisutnost nemotoriziranog prometa, obilježja terena i okoliša, geometrijski odnosi priveza, brzine vožnje, preglednost, struktura i navike vozača itd.⁹

Prometni tokovi se prema prometnom i pogonsko-građevinskom oblikovanju mogu voditi:

- u jednoj razini (tzv. raskrižja u razini);
- u dvije ili više razina (raskrižja izvan razine);
- dijelom u razini, dijelom izvan razine (kombinirana raskrižja).



Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str. 33

Slika 4. Podjela raskrižja

Najčešću primjenu u praksi imaju raskrižja u razini, koja mogu biti oblikovana kao nekanalizirana ili kanalizirana (u pogledu uređenja i vođenja prometnih tokova).

⁹ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str. 33

Prema broju privoza (tzv. krakova), raskrižja mogu biti s tri, četiri ili više privoza (trokraka, četvero- ili više- kraka).

Prema mogućnosti kretanja, mogu biti potpuna (s mogućnošću kretanja u svim smjerovima) i nepotpuna (s pojedinim ograničenim ili čak zabranjenim smjerovima), a prema kutu križanja cesta se dijele na pravokutna i kosokutna.

Neka raskrižja u razini s više priveza mogu se koristiti samo uz primjenu kružnog toka ili se mogu rekonstrukcijom transformirati u dva (ili više) raskrižja. Pojednostavljena mogućnost podjele raskrižja predložena je na slici 4.

Pretežiti izbor za klasične dvotračne ceste sa svojim prometnim opterećenjima su raskrižja u razini, a za visoko opterećene daljinske ceste (autoceste, brze ceste) podrazumijevaju se raskrižja izvan razine. Postupak raščlambe bitnih parametara (promet, prostor, uzurpacija zemljišta ...) i izbor optimalnog rješenja mogu se pratiti algoritamski ili uz pomoć logičkog prosuđivanja.¹⁰

¹⁰ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str.34, 35

3.1 RASKRIŽJA U RAZINI (RUR)

Raskrižja u razini ili površinska raskrižja su prometne površine na kojima se križaju ili spajaju dvije ili više cesta (u istoj razini). Propusna moć i sigurnost prometa u području raskrižja su u najužoj vezi, a po utjecajnosti na izbor raskrižja su od najpresudnijeg značaja.

Da se izbjegne zagušenje i nered u raskrižju, pristupa se smanjenju konfliktnih točaka i površina uz pomoć vremenskog razdjeljivanja (sortiranja) i prostornog razdjeljivanja (s horizontalnim proširenjima i vertikalnim razdjeljenjima) pojedinih dijelova ili razina raskrižja. Čine ih klasična rješenja priključaka i križanja u užem smislu, a u novije vrijeme im se pridružuju i raskrižja s kružnim tokom u jednoj razini.¹¹

3.1.1. KLASIČNA POVRŠINSKA RASKRIŽJA

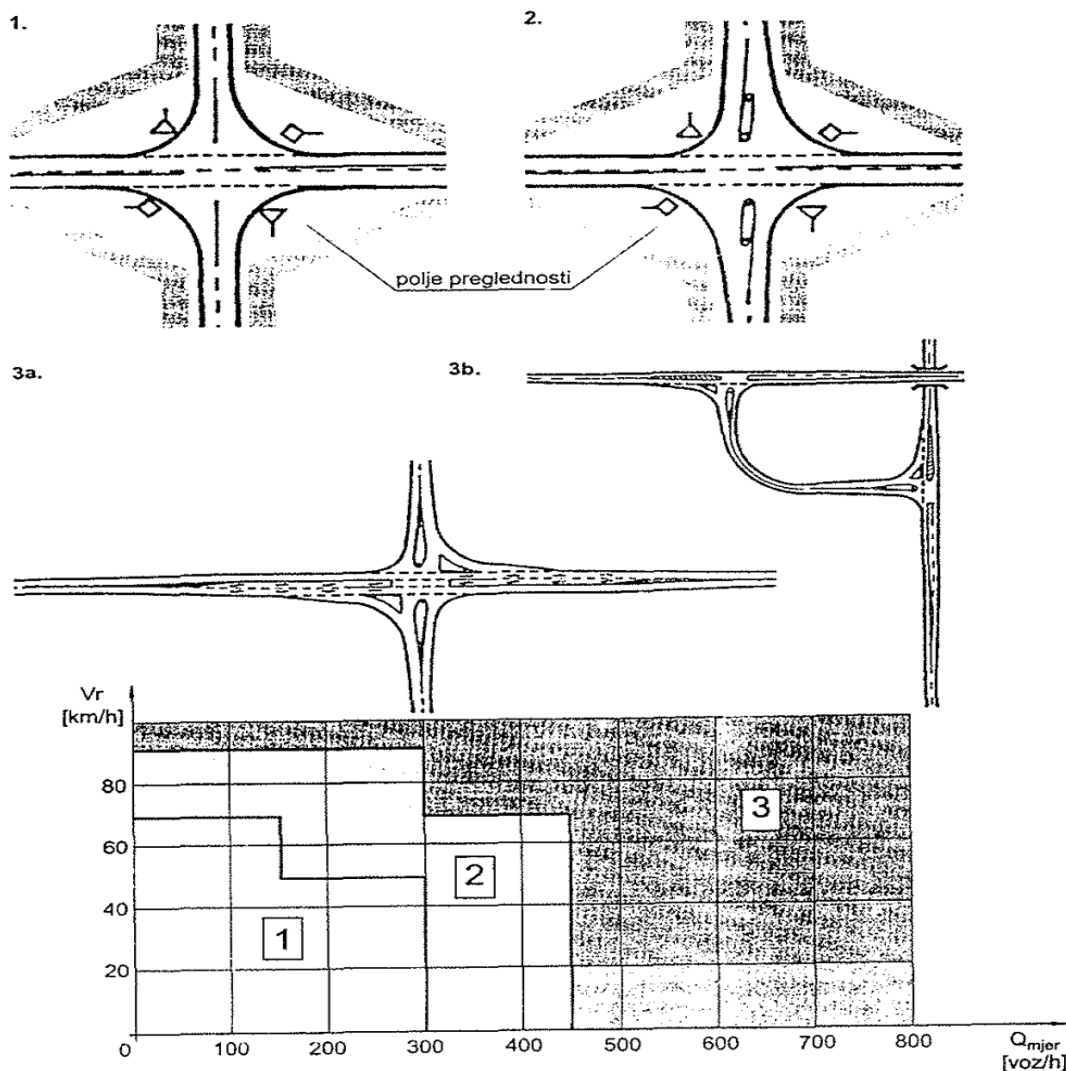
U pogledu propusne moći ova raskrižja zadovoljavaju opterećenja cesta s privozima propusne moći (Q_{mjer}) do 800 [voz/h] po smjeru.

Na osnovi okvirnog prikaza na slici 5, vidljivo je da grupa ovih raskrižja u razini dobro pokriva skoro sve ceste (osim autocesta), pa proizlazi da su daleko najzastupljeniji u mreži javnih cesta. Standardno razvrstavanje površinskih raskrižja na tri osnovna tipa počivalo je na prometno-tehničkim parametrima (raspored ceste, brzina, prometno opterećenje) odnosno na omjeru računske brzine i propusne moći ceste (Vr/Q_{mjer}).

Klasični svojstveni tipovi raskrižja (slika 5) razvrstani su po veličini prometa i brzinama na glavnom kolniku.¹²

¹¹ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str.34, 35

¹² Ibid, s



Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str.37.

Slika 5. Klasični tipovi i pokazatelji za površinska raskrižja

Tip 1 se preporučuje za izrazito malen promet, a za sigurnosnu komponentu valjalo je odabrati dostatnu preglednost i kvalitetnu signalizaciju.

Tip 2 odgovara manjem do srednjem opterećenju, s količinom lijevih skretanja do 10% od Q_{mjer} a pristup sa sporedne ceste trebao se je kanalizirati manjim klinastim otokom.

Tip 3(a) predstavlja standardno rješenje raskrižja cesta viših prometnih učinaka (npr. glavne provodne i sabirne ceste) a tip 3(b) kombinirano rješenje s križanjem glavnih cesta izvan razine i s priključcima u istoj razini.¹³

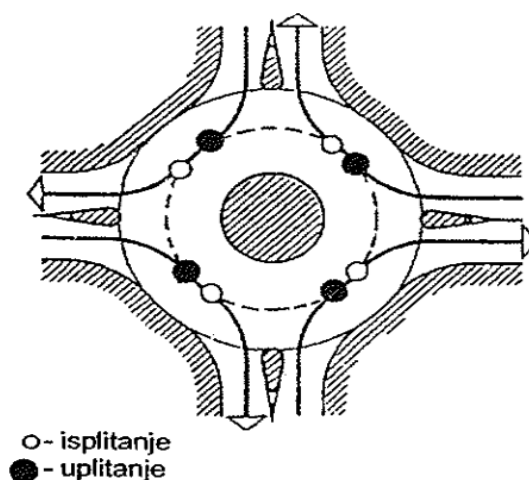
¹³ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str.38

3.1.2. POVRŠINSKA RASKRIŽJA S KRUŽNIM TOKOM

Raskrižje s kružnim tokom je kanalizirano raskrižje s neprovoznim ili djelomično provoznim središnjim otokom i kružnim prometnim kolnikom, na koji se veže tri ili više priključnih cesta/privoza, a promet se odvija u smjeru suprotnom od kazaljke sata (slika 6).

Primjenjuje se izvan i unutar naselja, na mjestima gdje je intenzitet prometa takav da bi svako drugo rješenje, osim križanja u dvije razine, uzrokovalo smetnje u prometu. Promet koji se prepliće treba voditi posebnim trakovima (naročito desna skretanja). Radi lakšeg odvijanja prometa koji se prepliće, treba za njega osigurati najmanje dva traka.

Kružna križanja mogu biti s tangencijalnim i radijalnim ulijevanjem. Križanja s radijalnim ulijevanjem ako ima više od četiri ulijevanja. Na kružnim križanjima s tangencijalnim ulijevanjem desno ulijevanje ima prednost pred lijevim u krug.¹⁴



Izvor: Prezime I.: Naziv knjige, Izdavač, Mjesto izdanja, godina izdanja., str. 38.

Slika 6. Konfliktne točke u raskrižju s kružnim tokom

Prednost takvih križanja je u tome što su jeftina i što se lako mogu prilagoditi postojećim prometnim tokovima.

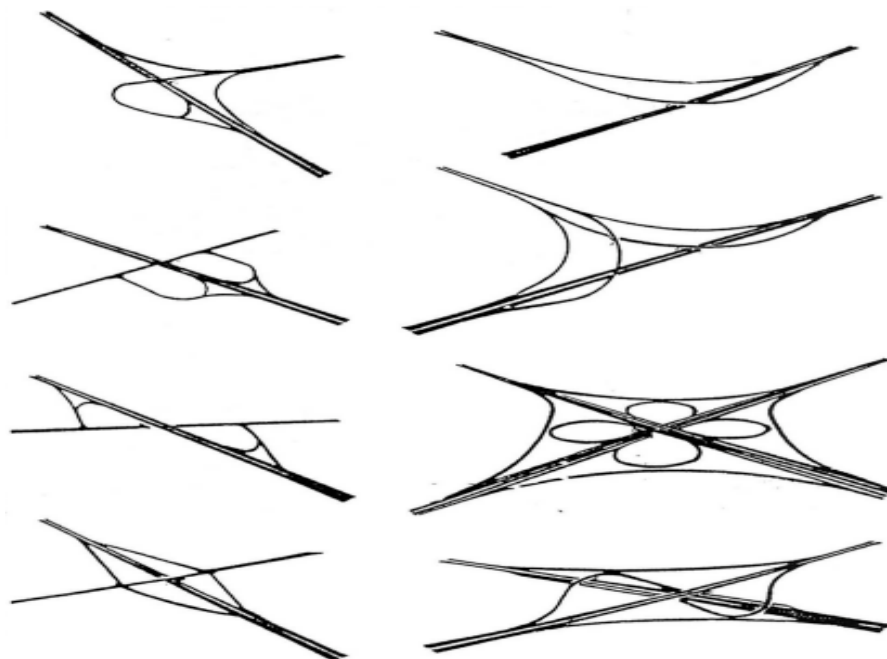
3.2 RASKRIŽJA IZVAN RAZINE (RIR)

Raskrižja izvan razine su prometne građevine koje omogućuju povezivanje konfliktnih prometnih tokova uz najviši stupanj sigurnosti i protočnosti.

U načelu se potreba za ovakvim raskrižjima visokog učinka pojavljuje na onim čvornim mjestima cestovne mreže gdje ukupna prometna opterećenja s glavnog i sporednog pravca prelaze $Q = 12\,000$ voz/dan (ceste višeg reda).

¹⁴ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str 170

Za razliku od raskrižja u razini (gdje je oblikovanje posljedična na geometrijsku provoznost mjerodavnih vozila), u raskrižjima izvan razine su za oblikovanje i sigurnost prometa mjerodavni vozno-dinamički zahtjevi. Ovakvi zahtjevi podrazumijevaju visoke sigurnosne standarde pri odabiru bitnih parametara: projektne brzine, glavnog prometnog pravca (kolnika) te samog položaja raskrižja i razmaka među susjednim raskrižjima u mreži.¹⁵



Izvor: Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str 172.

Slika 7. Primjeri raskrižja izvan razine

Izvedbom križanja u više razina ukida se izravno križanje te treba samo riješiti problem prijelaza vozila s jedne prometnice na drugu. Vezni element između razina je priključna rampa. Na slici 7. pokazana su neka temeljna rješenja prometnih čvorišta u više razina. Osnovni elementi koji obilježavaju raskrižja u više razina jesu: priključne rampe, trakovi za usporavanje, trakovi za ubrzavanje i trakovi za preplitanje.¹⁶

Raskrižja izvan razine (RIR) zauzimaju velike površine zemljišta, cijena njihove izvedbe je visoka, a predviđaju se u okolnostima kada se preko manjih površinskih raskrižja ne može razriješiti naraslo prometno opterećenje.

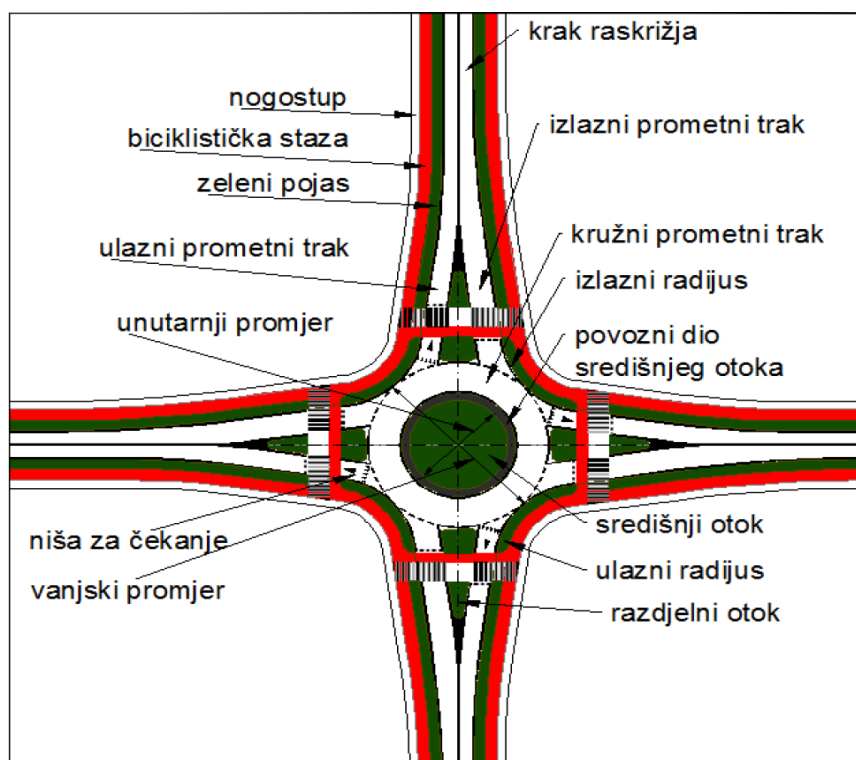
¹⁵ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str.39

¹⁶ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str 172

4. ZNAČAJKE KRUŽNIH RASKRIŽJA

Kružna raskrižja (Raskrižja s kružnim tokom prometa, RKT) izvode se kao sve povoljnija rješenja presijecanja prometnih tokova unutar urbanih sredina. Uspoređujući kružna raskrižja s klasičnim semaforiziranim i nesemaforiziranim raskrižjima u razini istih značajki (broj priveza/prometnih trakova) izvedenim u urbanim sredinama, zaključuje se da ako su kružna raskrižja pravilno primijenjena i oblikovana znatno doprinose povećanju propusne moći, razine usluge raskrižja i stupnja prometne sigurnosti. Prilikom eksploatacije smanjuju ukupno vrijeme putovanja, vrijeme čekanja vozila na raskrižju, duljinu putovanja vozila i potrošnju goriva, te štetne utjecaje na okoliš putem smanjenja ispušnih plinova motornih vozila.¹⁷

4.1 ELEMENTI KRUŽNOG RASKRIŽJA



Izvor: Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str. 9.

Slika 8. Prikaz elemenata kružnog raskrižja

¹⁷ https://bib.irb.hr/datoteka/786201.VI_Via-vita_Pilko_Barii_Bonjak.pdf, str. 2

Osnovni elementi urbanih kružnih raskrižja (slika 8) opisani su u nastavku:

Kružno raskrižje je kanalizirano raskrižje kružnog oblika s neprovoznim, djelomično ili u cijelosti povoznim/provoznim središnjim otokom i kružnim voznim trakom na koji se vežu tri ili više priključnih cesta u razini i u kojem se promet odvija u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu.

Jednotračno kružno raskrižje je kružno raskrižje s jednim prometnim trakom na ulazima/izlazima i jednim kružnim kolničkim trakom.

Dvotračno kružno raskrižje je kružno raskrižje s jednim ili dva prometna traka na ulazima i izlazima, pri kojem je dio kružnoga kolničkog traka ili cijeli kružni trak izveden u dva prometna traka.

Mini kružno raskrižje je jednotračno kružno raskrižje s prevoznim središnjim otokom. Za razliku od standardnog jednotračnog kružnog raskrižja kod mini kružnog raskrižja središnji otok izveden je tako da omogućava prevoznost većim odnosno dužim motornim vozilima.

Urbano kružno raskrižje je raskrižje smješteno unutar izgrađenog urbanog prostora na kojem je predviđen promet motornih vozila, pješaka i/ili biciklista

Izvan-urbano kružno raskrižje je kružno raskrižje izvan izgrađenog urbanog prostora na kojem se odvija promet u pravilu motornih vozila i, eventualno, biciklista

Kompaktno kružno raskrižje je termin kojim se uobičajeno označavaju mala i srednje velika urbana jedno ili višetračna kružna raskrižja.

Vanjski polumjer (Rv) je polumjer vanjskog ruba kružnog kolničkog traka.

Unutarnji polumjer (Ru) je polumjer unutarnjeg ruba kružnoga kolničkog traka.

Kružni kolnički trak je kolnički trak kružnog oblika, po kojem voze vozila oko središnjeg otoka u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu. Vozila u kružnom toku imaju prednost pred vozilima koja ulaze u kružno raskrižje.

Ulazni polumjer (Rul) je polumjer desnog ruba kolnika na ulazu u kružno raskrižje koji usmjeruje vozila prema kružnom voznom traku.

Izlazni polumjer (Riz) je polumjer desnog ruba kolnika na izlazu iz kružnog raskrižja koji usmjeruje vozila iz kružnoga voznog traka.

Ulazni prometni tok čine vozila koja ulaze u kružno raskrižje., a izlazni prometni tok čine vozila koja izlaze iz kružnog raskrižja.

Kružni prometni tok ili kružeći prometni tok čine vozila koja kruže po kružnim prometnim trakovima oko središnjeg otoka. Intenzitet kružnoga prometnog toka je različit na pojedinim dijelovima kružnog toka između prilaza.¹⁸

¹⁸ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.7

Razdjelni otok - otok za pješake je uzdignuti element kružnog raskrižja koji ograničuje ulaz u kružno raskrižje i izlaz iz kružnog raskrižja, usmjeruje vozila u pravilnu krivulju ulaženja u kružno raskrižje i izlaženja iz kružnog raskrižja i omogućuje veću razinu sigurnosti pješaka i biciklista prilikom prelaženja preko kraka kružnog raskrižja. Oblik razdjelnog otoka ovisi o veličini kružnog raskrižja.

Propusna moć raskrižja (kapacitet): predstavlja najveći broj vozila koja mogu proći u jedinici vremena kroz promatrani privoz (ulaz). Uobičajeno se izražava kao broj vozila u satu.

Krak kružnog raskrižja je priključna cesta ili prometni trakovi s obje strane uzdignutog razdjelnog otoka za pješake, koji suprotni ili jednosmjerni promet (ulaz - izlaz) vode prema kružnom raskrižju ili iz kružnog raskrižja.

Ulaz je područje kružnog raskrižja u kojem se prilazni vozni trak ulijeva u kružni kolnički trak. Ulaz može biti izveden u obliku lijevka ili trokuta.

Izlaz je područje kružnog raskrižja na kojem vozila napuštaju kružno raskrižje.

Središnji otok je uzdignuta fizička prepreka kružnog, elipsastog ili drugog prometno prikladnog oblika, postavljena u sredini kružnog raskrižja, koja sprečava vožnju izravno kroz kružno raskrižje.

Povozni dio središnjeg otoka je onaj dio središnjeg otoka koji zajedno s kružnim kolničkim trakom omogućuje vožnju kroz kružno raskrižje dugim vozilima (ima izgled kružnog prstena). Od kružnoga voznog traka se građevinski razlikuje po načinu oblikovanja.

Prevozni središnji otok je središnji otok koji je u cijelosti uzdignut u odnosu na kružni vozni trak i preko kojega mogu prelaziti, u pravilu, veća vozila. Primjenjuje se na mini kružnim raskrižjima kako bi se osigurala mogućnost nesmetanog prolaza za veća (duža) vozila.

Prostor za čekanje (niša) je prostor između unutarnjeg ruba označenoga pješačkog prijelaza i vanjskog ruba kružnoga kolničkog traka; vozila ga na ulazu koriste za čekanje na prihvatljivu vremensku prazninu u kružjećem toku, kako bi se mogla uključiti u njega, a na izlazu služi za propuštanje pješaka i biciklista.¹⁹

¹⁹ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.8,9

4.2 SVOJSTVA KRUŽNOG RASKRIŽJA

Prema suvremenoj definiciji kružno raskrižje je prometna građevina, gdje je kretanje vozila određeno središnjim kružnim otokom i kružnim kolnikom te privozima s razdjelnim otocima i s prometnim znakovima.

U odnosu na klasična, ova se raskrižja također mogu definirati kao nesemaforizirana raskrižja u jednoj razini, u kojima se promet u pravilu odvija:²⁰

- na jednotračnom odnosno dvotračnom kružnom kolniku;
- s jednim do dva prometna traka na privozima postavljenim što okomitije na ulazu u kružno raskrižje;
- s reguliranom prednošću kružnog prometnog toka u smjeru suprotnom od kazaljke na satu.

4.2.1. POSEBNOSTI KRUŽNIH RASKRIŽJA

Posebnosti jednotračnih kružnih raskrižja, po kojima se ona razlikuju od uobičajenih raskrižja u razini, jesu:²¹

- a) kružna raskrižja su raskrižja s kombinacijom prekinutoga i neprekinutoga prometnog toka;
- b) prvenstvo prolaza na kružnim raskrižjima imaju vozila u kružnom toku u odnosu na vozila na prilazima u raskrižje;
- c) vozilo na ulazu u kružno raskrižje se, u slučaju slobodnoga kružnog toka, ne zaustavlja već smanjenom brzinom ulazi u kružni tok što ima pozitivan učinak na okoliš (niže razine ispušnih plinova i buke) i kapacitet ovoga tipa raskrižja;
- d) kružna raskrižja, bez obzira na tip i način izvedbe, omogućavaju vožnju samo malim brzinama i s velikim skretnim kutom prednjih kotača;
- e) za pješake i bicikliste u kružnim raskrižjima vrijede jednaka pravila kao i u drugim raskrižjima;
- f) u kružnim raskrižjima je zabranjena (a i nepotrebna) vožnja unatrag;
- g) dugim vozilima je tijekom vožnje kružnim tokom dopušteno koristiti i prošireni dio kruznoga kolničkog traka (povozni dio središnjeg otoka) dok za druga vozila malih dimenzija za to nema potrebe.

²⁰ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008., str.87

²¹ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.11

4.2.2. PREDNOSTI KRUŽNIH RASKRIŽJA

Prednosti jednotračnih kružnih raskrižja pred ostalim raskrižjima u razini su, prije svega, u njihovim sljedećim osobinama:²²

- a) znatno veća sigurnost prometa (manji broj konfliktnih točaka nego na klasičnim izravno kanaliziranim raskrižjima u jednoj razini, ne postoje konfliktne točke križanja i preplitanja, manje brzine pri eventualnom sudaru s pješacima, nemogućnost vožnje kroz kružno raskrižje bez smanjene brzine...);
- b) niža razine buke i emisija ispušnih plinova motornih vozila,
- c) manje posljedice prometnih nezgoda (nema čeonih sudara i sudara pod pravim kutom);
- d) mogućnost propuštanja prometnih tokova velikih jakosti;
- e) kraće čekanje na prilazima (neprekinutost vožnje);
- f) manje zauzimanje prostora (nepotrebni su prometni trakovi za lijevo i desno skretanje) pri jednakoj propusnoj moći – kao kod raskrižja u jednoj razini s trakama za skretače uz istu razinu uslužnosti;
- g) dobro rješenje za raskrižja s približno jednakim prometnim opterećenjem na glavnom i sporednom prometnom smjeru;
- h) dobro rješenje u raskrižjima s više krakova (pet ili više);
- i) manji troškovi održavanja (nego kod semaforiziranih raskrižja);
- j) dobro rješenje kao mjera za smirivanje prometa u urbanim sredinama;
- k) mogućnost dobrog uklapanja u okolni prostor, odnosno uređenja kružnog raskrižja;
- l) povoljniji utjecaj na okoliš u odnosu na semaforizirana raskrižja

²² Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.11

4.2.3. NEDOSTATCI KRUŽNIH RASKRIŽJA

Nedostaci kružnih raskrižja su:²³

- a) povećanjem broja voznih trakova u kružnom toku smanjuje se prometna sigurnost (suprotno od klasičnih raskrižja u jednoj razini) te je preporuka izvedba jednotračnih kružnih raskrižja;
- b) veći broj kružnih raskrižja u nizu ne omogućava uvođenje koordiniranog prolaza kroz ista („zeleni val“);
- c) poteškoće s pomanjkanjem prostora za izvedbu središnjeg otoka u već izgrađenim područjima;
- d) kružna raskrižja većeg polumjera, nisu najprikladnije rješenje pred institucijama za slijepe i slabovidne osobe, pred domovima za starije osobe, bolnicama i zdravstvenim domovima i na svim onim mjestima gdje nemotorizirani sudionici u prometu zbog svojih privremenih ili trajnih fizičkih oštećenja ne mogu sigurno prelaziti raskrižja bez svjetlosnih signalizacijskih uređaja;
- e) kružna raskrižja većeg polumjera, nisu najprikladnije rješenje pred dječjim vrtićima i školama i na drugim mjestima na kojima se kreće veliki broj djece (koja obično idu u većim skupinama ili u koloni);
- f) problemi pri velikom intenzitetu biciklističkog i/ili pješačkog prometa, koji presijeca jedan ili više krakova jednotračnog kružnog raskrižja;
- g) lošije rješenje pri velikom intenzitetu lijevih skretanja;
- h) naknadna semaforizacija ne utječe bitno na povećanje propusne moći;
- i) produljenje putanja vozila i pješaka u odnosu na izravno kanalizirana raskrižja;
- j) tokovi koji skreću ulijevo iz suprotnih smjerova nepotrebno se presijecaju, tj. prepliću, što nije slučaj kod izravno kanaliziranih raskrižja.

²³ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.12

4.3 PODJELA KRUŽNIH RASKRIŽJA

Zbog svega navedenog potrebno je provjeriti primjerenost primjene kružnog raskrižja kod izgradnje novog ili rekonstrukcije postojećeg klasičnog raskrižja.

4.3.1. PODJELA KRUŽNIH RASKRIŽJA S OBZIROM NA LOKACIJU, VELIČINU I OBLIK

S obzirom na lokaciju, veličinu i vrstu prometa koja se na njima odvija mogu se kružna raskrižja podijeliti na urbana i izvan-urbana raskrižja. U tablicama u nastavku su prikazane osnovne podjele raskrižja s obzirom na veličinu vanjskog polumjera te okvirni kapaciteti različitih tipova kružnih raskrižja. Navedeni kapaciteti predstavljaju aproksimativne vrijednosti za jednostručna kružna raskrižja s jednoliko opterećenim privozima. Podaci iz tablica se mogu smatrati informativnim, za rješavanje konkretnog primjera obavezno je provjeriti prometne pokazatelje kao i primijenjene projektno-tehničke elemente.²⁴

Tablica 1. Karakteristike urbanih kružnih raskrižja

Tip kružnog raskrižja	Vanjski polumjer (m)	Okvirni kapacitet (voz/dan)
Mini urbano	7,0-12,5	10.000 (15.000)
Malo urbano	11,0-17,5	15.000 (18.000)
Srednje veliko urbano	15,0-20,0	20.000 (22.000)

Izvor: Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.12

a) Mini urbana kružna raskrižja; primjenjuju se u izgrađenoj urbanoj sredini s namjenom smirivanja prometa. Očekivana brzina motornih vozila je do 25 km/h. Zbog malih dimenzija mini kružnih raskrižja, razdjelni otoci mogu biti montažni, a njihove dimenzije su manje od najmanjih dopuštenih dimenzija za mala i srednje velika kružna raskrižja. U usporedbi s drugim nesemaforiziranim raskrižjima, mini kružno raskrižje ima, u pravilu, veću propusnu moć i znatno veći stupanj prometne sigurnosti svih sudionika u prometu, a ujedno i manje troškove izvedbe.²⁵ Pravila vožnje u mini kružnim raskrižjima su jednaka kao i kod ostalih tipova kružnih raskrižja. Očekuje se da automobili prate kružnu putanju oko središnjeg otoka i da ga zaobilaze jer se u suprotnom povećava mogućnost sudara. Dulja vozila, koja zbog premalog radijusa ne mogu zaobići središnji otok, moraju preko njega dijelom ili u potpunosti proći.

²⁴ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.12

²⁵ Ibid, str. 13

b) Mala urbana kružna raskrižja; u načelu se izvode samo u urbanim sredinama. Očekivana brzina vožnje kroz mala kružna raskrižja je do 30 km/h. Veoma često se ovakva kružna raskrižja izvode na ulazima u manja naselja, gdje, pored upozorenja vozačima o promjeni uvjeta vožnje, nude i velike mogućnosti arhitektonskog i drugog oblikovanja okolice i središnjeg otoka.

c) Srednje velika urbana kružna raskrižja; općenito se grade na jače prometno opterećenim raskrižjima u urbanim sredinama. Projektno-tehnički elementi moraju biti izabrani tako da omogućuju najveće brzine do 40 km/h.²⁶

Pješački i biciklistički promet je u zoni urbanih kružnih raskrižja potrebno voditi na posebnim površinama odvojeno od tokova motornog prometa.

Tablica 2. Karakteristike izvan-urbanih kružnih raskrižja

Tip kružnog raskrižja	Vanjski polumjer (m)	Okvirni kapacitet (voz/dan)
Srednje veliko izvanurbano	17,5 – 22,5	22.000 (24.000)
Veliko izvanurbano	>25	-

Izvor: Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.13

a) Srednje velika kružna raskrižja; izvode se na križanjima javnih cesta izvan izgrađenih urbanih područja, na prometno opterećenim raskrižjima i na raskrižjima gdje su velike brzine i smanjena sigurnost odvijanja prometa. U raskrižju je uobičajena brzina kretanja 40 km/h. Na ovim raskrižjima u pravilu nije predviđeno kretanje pješaka, a bicikliste je poželjno voditi izdvojenim biciklističkim stazama, a preko privoza prijelazima na kojima biciklisti nemaju prednost prolaza.

b) Velika kružna raskrižja; izvode se u iznimnim slučajevima, obično na autocestovnim pristupima gradovima (ili raskrižju dviju autocesta). Biciklistički promet i promet pješaka vodi se odvojeno i nije sastavni dio takvih kružnih raskrižja.²⁷

²⁶ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.13

²⁷ Ibid, str. 13

4.3.2. PODJELA KRUŽNIH RASKRIŽJA S OBZIROM NA NAMJENU

Prema namjeni, dijele se kružna raskrižja u tri skupine:

- kružna raskrižja za smirivanje prometa (u urbanim područjima intenzivne izgrađenosti i prijelaznim urbanim područjima);
- kružna raskrižja za ograničavanje prometa (u urbanim sredinama, na mjestima gdje se želi ograničiti promet i s prikladnim geometrijskim elementima postići maksimalnu dopuštenu ili unaprijed propisanu propusnu moć);
- kružna raskrižja za postizanje što veće propusne moći uz dostatnu prometnu sigurnost (samo izvan urbanih sredina).²⁸

4.3.3. OSTALE PODJELE KRUŽNIH RASKRIŽJA

S obzirom na broj krakova, kružna raskrižja se dijele na:

- trokraka;
- četverokraka;
- peterokraka i višekraka.

S obzirom na način vođenja glavnih smjerova/prometnih tokova se dijele na:

- prometni tokovi u razini;
- prometni tokovi izvan razine.

Pri vođenju prometnih tokova u razini razlikujemo dva načina izvedbe priključaka (traka za skretanje):

- trake za skretanje u kružnom raskrižju;
- izvedba traka za skretanje izvan kružnog raskrižja (eng. by-pass).

Osim prema navedenim kriterijima razlikujemo još i kružna raskrižja izvedena kao trajna građevinska rješenja i montažna kružna raskrižja.²⁹

²⁸ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.14

²⁹ Ibid, str. 14

4.4 PROMETNA SIGURNOST U KRUŽNIM RASKRIŽJIMA

Sigurnost prometa svakog kružnoga raskrižja jedna je od najvažnijih komponenata projekata. Budući da nisu poznate sve uzročne poveznice s brojnim čimbenicima, problem sigurnosti prometa je i dalje veliki izazov i tema mnogobrojnih znanstvenih i stručnih istraživanja. S obzirom na vrstu prometa, u kružnim raskrižjima razlikujemo sigurnost motoriziranih i nemotoriziranih sudionika u prometu.³⁰

4.4.1. SIGURNOST MOTORIZIRANIH SUDIONIKA

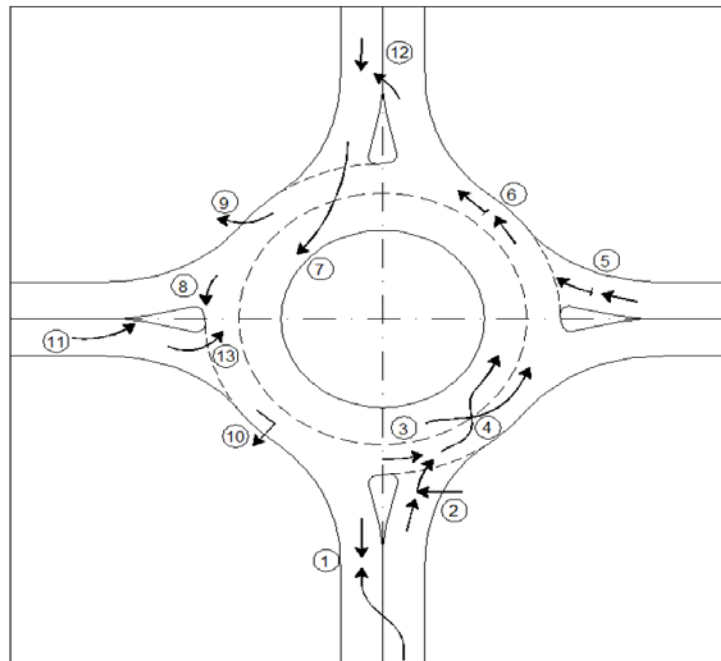
Sa stajališta osiguravanja prometne sigurnosti glavna prednost kružnih raskrižja, u odnosu na standardna trokraka ili četverokraka raskrižja, je nepostojanje konfliktne zone unutar raskrižja te eliminacija konfliktnih točaka prvog reda (križanje) i drugog reda (preplitanje). Ujedno se ovakvim rješenjem raskrižja smanjuje ukupni broj konfliktnih točaka trećeg reda (isplitanje, uplitanje).

Teoretski, klasično četverokrako raskrižje ima 32 potencijalne konfliktne točke (16 križanja, 8 uplitanja i 8 isplitanja), a jednostrano četverokrako kružno raskrižje svega 8 potencijalnih konfliktnih točaka (4 uplitanja i 4 isplitanja).

Prometne nezgode u kružnim raskrižjima, prikazane na slici 9, imaju lakše posljedice od onih na klasičnim raskrižjima i u pravilu bez smrtno stradalih i teže ozlijeđenih osoba. Posljedica je to činjenice da se u kružnim raskrižjima ne događaju čeon sudari kod kojih su najteže posljedice. Kod kružnih raskrižja su sudari među vozilima uglavnom bočni pod ostrim kutom ili se događaju kao posljedica nalijetanja vozila sa stražnje strane.³¹

³⁰ Legac, I. i koautori: Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011., str. 149

³¹ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.15



Izvor: Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str. 16.

Slika 9. Prometne nesreće u kružnom raskrižju

Sudari između motornih vozila i biciklista (pješaka) koji prelaze krak kružnog raskrižja su isti kao i kod klasičnih raskrižja, ali su posljedice sudara u pravilu lakše uslijed manje brzine vozila na ulazu i izlazu kružnog raskrižja.

Tipične vrste prometnih nesreća u kružnom raskrižju su:³²

- 1) pretjecanje ispred kružnog raskrižja;
- 2) sudar sa biciklistom/pješakom;
- 3) sudar na ulazu;
- 4) sudar pri promjeni voznog traka;
- 5) nalet straga pri ulazu u kružno raskrižje;
- 6) nalet straga pri izlazu iz kružnog raskrižja;
- 7) nalet na središnji otok;
- 8) nalet na razdjelni otok pri izlazu iz kružnog raskrižja;
- 9) izlijetanje iz kružnog kolničkog traka;
- 10) prevrtanje;
- 11) nalet na razdjelni otok pri ulazu u kružno raskrižje;
- 12) zanošenje (klizanje) vozila pri izlazu iz kružnog raskrižja;
- 13) vožnja u suprotnom smjeru od kretanja prometa u kružnom raskrižju.

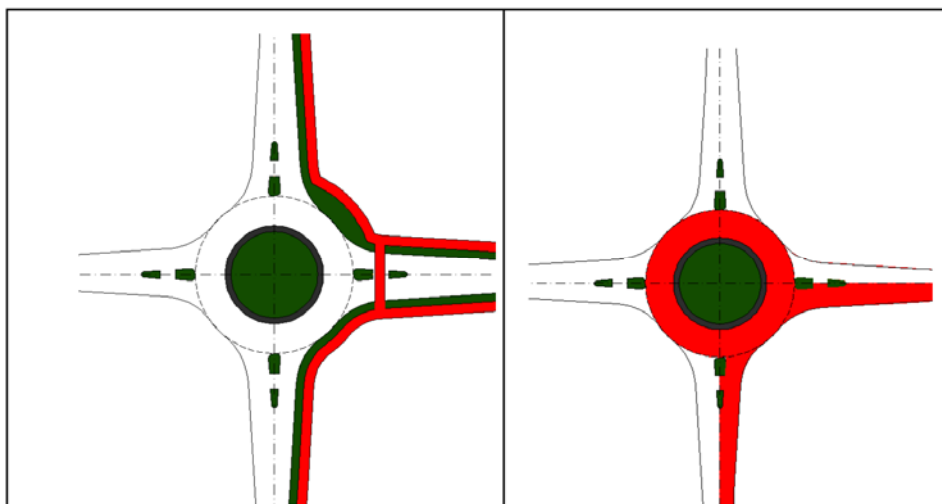
³² Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.16

4.4.2. SIGURNOST NEMOTORIZIRANIH SUDIONIKA

Prometna sigurnost nemotoriziranih sudionika, pješaka i biciklista, u zoni kružnog raskrižja je ovisna prvenstveno o primjerenoj izvedbi vertikalne i horizontalne signalizacije i razdjelnih otoka kao i načina vođenja biciklističkog prometa u zoni kružnog raskrižja. Sva križanja pješaka i biciklista s motornim prometom je potrebno predvidjeti pod pravim kutom kako bi se osigurala preglednost. Na ovaj način se postiže da su jedine konfliktne točke na mjestu prijelaza preko krakova kružnog raskrižja, a i na tim su mjestima pješaci (i biciklisti) dijelom zaštićeni i razdjelnim otocima.³³

Općenito se izvode dva načina vođenja biciklista u zoni kružnog raskrižja: (slika 10)

- samostalno (odvojeno) vođenje biciklističkog prometa biciklističkom stazom (paralelno s rubom kružnog raskrižja ili u obliku koncentričnog kruga);
- zajedničko vođenje motornog i biciklističkog prometa (na istim prometnim površinama).



Izvor: Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str. 17.

Slika 10. Načini vođenja biciklističkog prometa u zoni kružnog raskrižja

³³ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.16

Samostalno vođenje biciklista u području kružnog raskrižja najsigurniji je način vođenja biciklističkog prometa. Takav način je prostorno i financijski zahtjevniji jer traži dodatnu izgradnju u zoni raskrižja, ali značajno doprinosi unaprjeđenju prometne sigurnosti.

Vođenje biciklista preko krakova kružnih raskrižja razlikuje se ovisno o smještaju kružnog raskrižja. Uobičajeno je da biciklistička staza bude smještena bliže uz kružni kolnik. Pješачki se prijelaz u tom slučaju smješta na kraku dalje od samog kružnog traka. Biciklisti se pri prijelazu kraka kružnog raskrižja moraju obavezno zaustaviti.

Najranjivija skupina sudionika u prometu su osobe s invaliditetom i smanjene pokretljivosti, te im stoga treba posvetiti posebnu pozornost i kod planiranja i projektiranja kružnih raskrižja. Kako bi se osiguralo kretanje osoba s invaliditetom i osoba smanjene pokretljivosti kroz kružno raskrižje u projektu se mora predvidjeti sljedeće: ³⁴

- prijelaz s nogostupa na razinu kolnika osiguran skošenjem rubnjaka;
- na skošenom rubnjaku izvedeno taktilno polje upozorenja za slijepe i slabovidne osobe;
- kod razdjelnih pješачkih otoka u razini kolnika označene taktilne crte vođenja za slijepe i slabovidne osobe.

³⁴ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.18

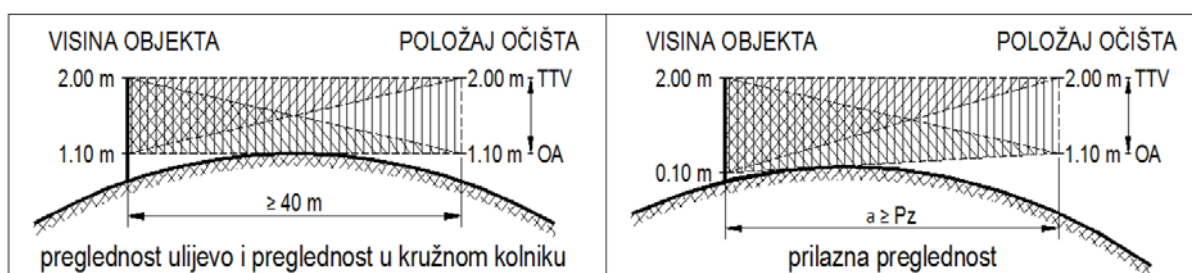
4.5 PREGLEDNOST U KRUŽNIM RASKRIŽJIMA

Osiguranje preglednosti u kružnom raskrižju je veoma bitan element kojim se osigurava pravovremena informacija o uvjetima prolaska kroz raskrižje i time doprinosi sigurnosti odvijanja prometa u kružnom raskrižju.

Kontrolu preglednosti potrebno je provesti najmanje po određivanju i pozicioniranju svih elementa oblikovanja, prometne signalizacije i opreme kružnog raskrižja. Preprekama u vidnom polju vozača smatraju se svi objekti i predmeti čiji obris je veći od 55 cm. Stupovi javne rasvjete i prometni znakovi manjih dimenzija ne smatraju se preprekama u vidnom polju vozača.³⁵

Očište vozača određeno je na visini između 1.10 m (osobni automobili) i 2.00 m (teretna vozila) mjereno od kolnika na kojem se nalazi vozilo.

Visina objekta, predmeta ili vozila koji moraju biti vidljivi na potrebnoj preglednoj udaljenosti iznosi 2.00 m mjereno od površine na kojoj se nalaze. Pri tome ne moraju biti vidljivi u cijeloj visini ovisno o preglednosti koju je potrebno osigurati. Za preglednost ulijevo i preglednost u kružnom kolniku moraju biti vidljivi na visini između 1.10 i 2.00 m, a za sve ostale preglednosti na visini između 0,10 i 2.00 m (slika 11).



Izvor: Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str 50.

Slika 11. Prostor preglednosti u kružnom raskrižju

Potrebne duljine preglednosti proizlaze iz predviđene brzine kretanja vozila. Na malim kružnim raskrižjima ona iznosi do 30 km/h, a na srednje velikima do 40 km/h.³⁶

³⁵ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama – Dodatak E, Rijeka 2014., str.1

³⁶ Ibid, str.1

4.6 PROMETNA SIGNALIZACIJA KRUŽNIH RASKRIŽJA

Pomoću signalizacije sudionik u prometu odabire željeni put i smjer kretanja, poduzima odgovarajuće radnje u prometu i prilagođava svoje ponašanje. Prometna signalizacija treba olakšati vozačima prolazak kroz kružno raskrižje te utjecati na povećanje sigurnosti prometa.

Prometna signalizacija kružnog raskrižja sastoji se od vertikalne signalizacije (prometni znakovi i putokazne ploče), horizontalne signalizacije (oznake na kolniku) i opreme ceste te ima veliki značaj za sve sudionike u prometu.

Prometna signalizacija u kružnom raskrižju postavlja se tako da bude jasna i dosljedna te da ne zbunjuje vozače pri prolasku kroz raskrižje. Broj znakova ovisi o stvarnom stanju na terenu, ali ih ne treba postavljati previše, jer postavljanjem prevelikog broja znakova može se postići suprotan učinak koji će zbunjivati vozače.³⁷

Urbano kružno raskrižje je raskrižje smješteno unutar izgrađenog urbanog prostora na kojem je predviđen promet motornih vozila, pješaka i/ili biciklista, te je potrebno posvetiti dostatnu pozornost pravilnom izboru i postavljanju prometne signalizacije i opreme.

Svako urbano kružno raskrižje mora biti opremljeno barem sljedećim prometnim znakovima:³⁸

- znak B01 (raskrižje s cestom s prednošću prolaza) i B62 (kružni tok prometa) na zajedničkom stupu na ušću ulaza u kružno raskrižje, neposredno pred isprekidane crte zaustavljanja.
- znak B59 (obavezno obilaženje s desne strane) i K06 (ploča za označivanje prometnog otoka) na zajedničkom stupu na vanjskom dijelu razdjelnog otoka (na vrhu otoka u smjeru vožnje) – kod mini kružnih raskrižja ovi znakovi se postavljaju ako je razdjelni otok takvih dimenzija da se znakovi mogu postaviti.
- znak B51 (obavezan smjer desno) postavlja se na neprovoznom dijelu središnjeg otoka u produžetku središnjice voznog traka na uvozu.
- znak C02 (obilježen pješački prijelaz), a po potrebi, znakom C03 (obilježen prijelaz biciklističke staze) ako su u kružnom raskrižju prisutni biciklisti

Kod mini kružnih raskrižja na uzdignutom središnjem otoku zabranjeno je postavljati bilo kakve znakove, opremu ili druge objekte.

Na području približavanja raskrižju:³⁹

³⁷ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.67

³⁸ Ibid, str. 68

- znak A27 (raskrižje s kružnim prometom). Ovaj znak ne postavlja se ako postoji više kružnih raskrižja na potezu ulice, a preporuka je da se postavi ako se radi o prvom kružnom raskrižju na ulasku u naselje ili pojedinačnom primjeru kružnog raskrižja u naselju.
- znak B31 (ograničenje brzine) na odgovarajućoj udaljenosti od kružnoga raskrižja, na kojoj treba omogućiti smanjenje brzine na cestama unutar naselja postavlja se prema principu opisanom u prethodnom stavku

Znakovi A27 i B31 ne postavljaju se ako postoji više kružnih raskrižja na potezu ulice, a preporuka je da se postavi ako se radi o prvom kružnom raskrižju na ulasku u naselje ili pojedinačnom primjeru kružnog raskrižja u naselju.

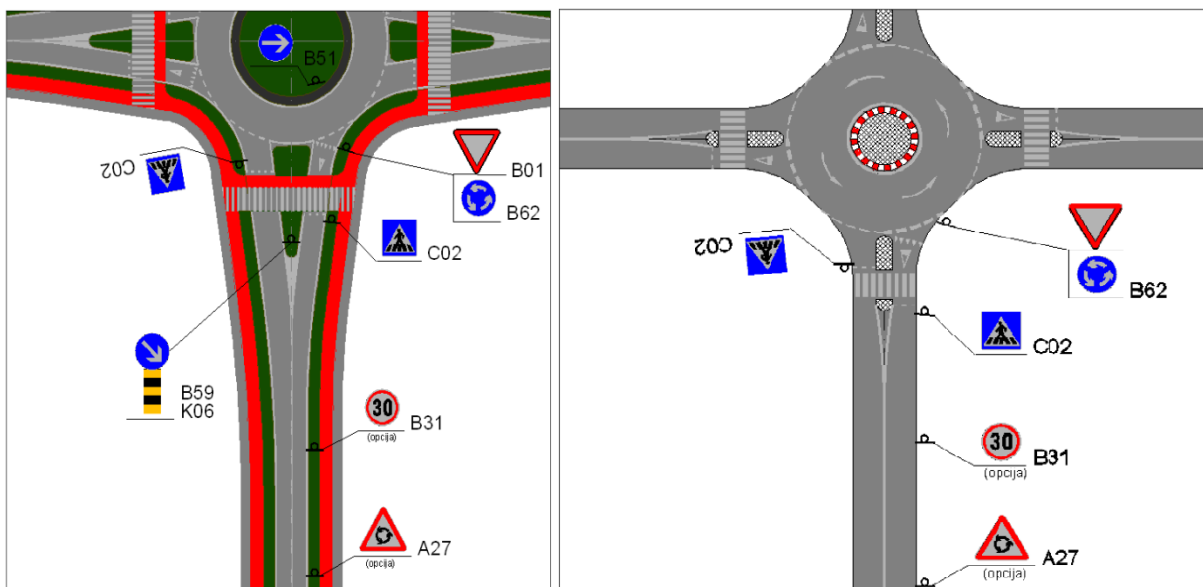
Na svakom urbanom kružnom raskrižju treba biti, u pravilu, postavljena barem sljedeća horizontalna signalizacija (oznake na kolniku):⁴⁰

- rubna crta uz rub kolnika kroz raskrižje, uz središnje i razdjelne otoke
- kratka isprekidana crta za označivanje vanjskog ruba kružnoga raskrižja na spoju privoza
- isprekidana crta zaustavljanja (H12 ili H13) na ulasku u kružni kolnički trak
- trokut upozorenja H12 označen na kolniku ispred isprekidane crte zaustavljanja
- isprekidana crta zaustavljanja (H12) ispred pješačkog / biciklističkog prijelaza
- pješački prijelaz (H18), prema potrebi prijelaz biciklističke staze preko kolnika (H19)
- polje za usmjerivanje prometa između dva traka sa suprotnim smjerovima pred razdjelnim otokom (H27)
- razdjelnom crtom ispred razdjelnog otoka na području približavanja raskrižju propisane širine.

³⁹ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.68

⁴⁰ Ibid, str. 68, 69

Ako razdjelni otok nije dovoljne širine za sigurno zaustavljanje pješaka i biciklista (za slučaj prijelaza pješaka, razdjelni otok treba imati širinu min. 2,00 m, odnosno za bicikliste min. 2,50 m), pješački prijelaz iscertava se u kontinuitetu cijelom širinom. Kod izvođenja prvih primjera kružnih raskrižja u nekoj sredini preporuka je da se iscerta kružna strelica H21 (prijedlog nove oznake u Pravilniku) koja označuje smjer vožnje unutar kružnog raskrižja, a iscertava se na kružnom kolničkom traku na mjestu ulaska u kružno raskrižje.⁴¹



Izvor: Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama – Dodatak F, Rijeka 2014., str. 3,5.

Slika 12. Primjer postavljanja prometne signalizacije na privozu urbanog i mini kružnog raskrižja

Vođenje prometa kroz kružno raskrižje ovisi o namjeni i lokaciji kružnog raskrižja, ono mora biti opremljeno prometnim znakovima za vođenje (usmjerivanje) prometa. U slučaju raskrižja dviju državnih ili državne ceste s drugom javnom cestom potrebno je postaviti drugi, četvrti i peti stupanj vođenja, a treći ako je cesta s više prometnih traka.

⁴¹ Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014., str.69

5. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA ČRNOMEREC-KRČELIĆEVA- DR. MILANA ROJCA U GRADU ZAGREBU

Raskrižje ulica Črnomerec - Krčelićeva – dr. Milana Rojca nalazi se u zapadnom dijelu Grada Zagreba, u gradskoj četvrti Črnomerec. Navedeno raskrižje (slika 21.) je četverokrako, nesemaforizirano, s horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Motorizirani promet odvija se dvosmjerno u ulicama Črnomerec i Krčelićevom, a u ulici dr. Milana Rojca je jednosmjernan, s izlazom na ulicu Črnomerec (koja ima prednost prolaska). Pješački nogostup u zoni zahvata izveden je s obje strane ulica Črnomerec i Krčelićeve, dok u ulici dr. Milana Rojca nema nogostupa. Biciklistička staza nije posebno označena što znači da se biciklistički promet odvija po kolniku.

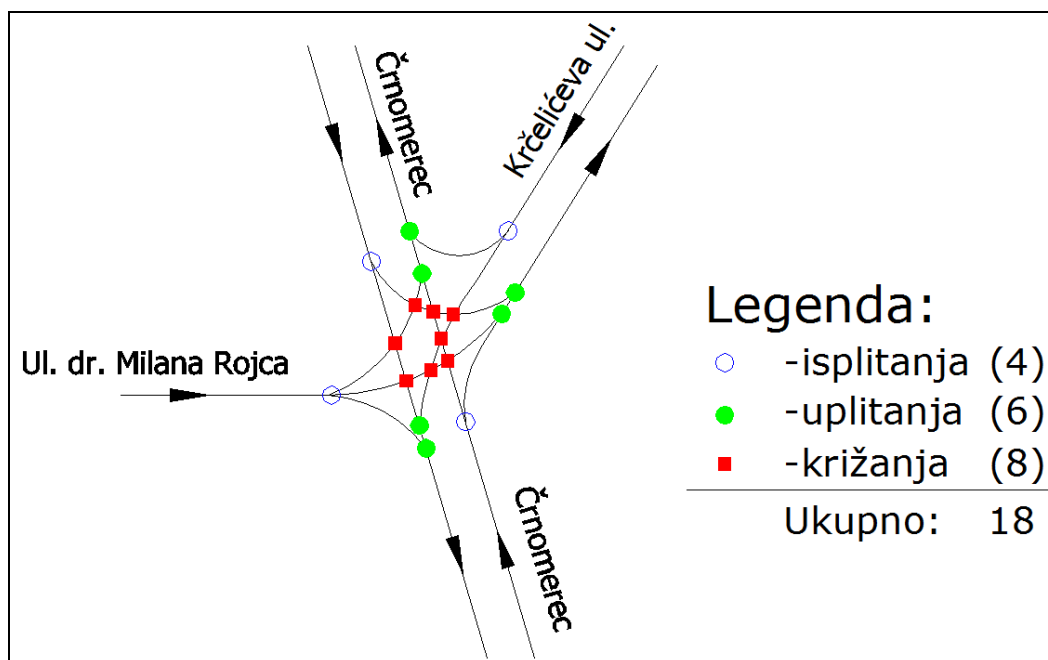


Izvor: <https://www.google.hr/maps/@45.8148237,15.9373175,335a,20y,41.61t/data=!3m1!1e3>, 17.12.2016.

Slika 13. Postojeće stanje raskrižja ulica Črnomerec – Krčelićeva – dr. Milana Rojca

Problem analiziranog raskrižja iz aspekta sigurnosti prometa je veliki broj konfliktnih točaka (18), od kojih je 8 križanje prometnih tokova koje su najopasnije. Kao što je prikazano na slici br. 22, točke križanja pojavljuju se na skretanjima ulijevo. Ulica Črnomerec ima prednost prolaska i lijeva skretanja nisu veliki problem, ali je problem na uključivanju iz Krčelićeve ulice, koja je sporedna, u ulicu Črnomerec.

Naime, zbog povećanog vremena čekanja dolazi do stvaranja zastoja u vrijeme vršnog opterećenja, što rezultira čestim kašnjenjem autobusne linije javnog gradskog prijevoza, a može se izbjeći rekonstrukcijom raskrižja. Ulica dr. Milana Rojca je zadnja po prednosti prolaska i prometnom intenzitetu u odnosu na ulice u križanju ali i u njoj dolazi do povećanog vremena čekanja ili zastoja ako se vozilo želi uključiti lijevo u ulicu Črnomerec ili Krčelićevu.



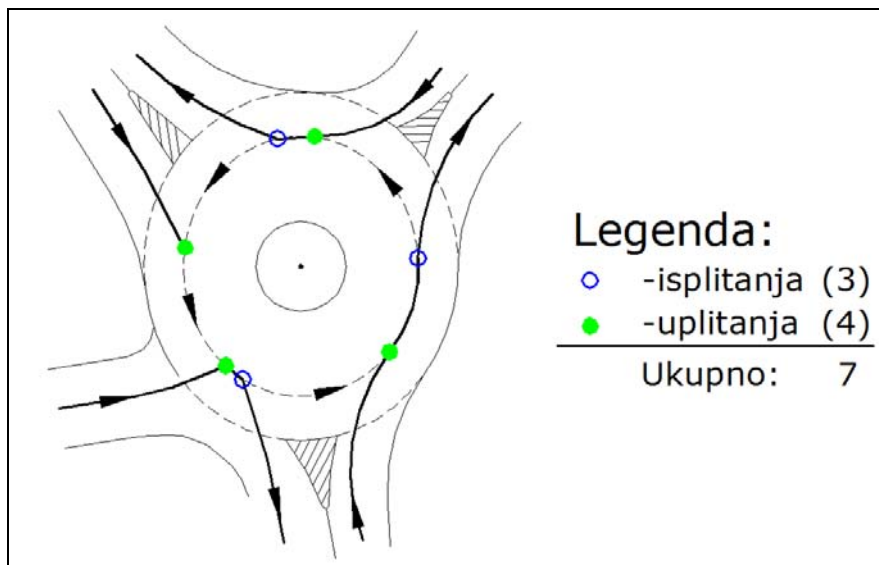
Izvor: Vlastiti izvor

Slika 14. Konfliktne točke postojećeg raskrižja ulica Črnomerec – Krčelićeva – dr. Milana Rojca

U obzir treba uzeti i smanjenu preglednost zbog visokog stupnja izgrađenosti okolnih objekata te se zbog nepravilnog oblika raskrižja predlaže izgradnja jednotračnog kružnog raskrižja.

6. PRIJEDLOG PROMETNOG RJEŠENJA RASKRIŽJA ČRNOMEREC- KRČELIĆEVA- DR. MILANA ROJCA U GRADU ZAGREBU

Analizom postojećeg stanja navedenog raskrižja, kao prijedlog prometnog rješenja iz aspekta sigurnosti predlaže se izgradnja jednotračnog kružnog raskrižja. Ishod izgradnje kružnog raskrižja bio bi smirivanje prometa na ulici sa sadašnjom prednosti prolaska (ulica Črnomerec), povećanje sigurnosti te postizanje maksimalne propusne moći raskrižja. Broj konfliktnih točaka smanjio bi se s 18 na 7 (slika 23), a točke križanja prometnih tokova, koje su posebno opasne, eliminirale bi se u potpunosti.



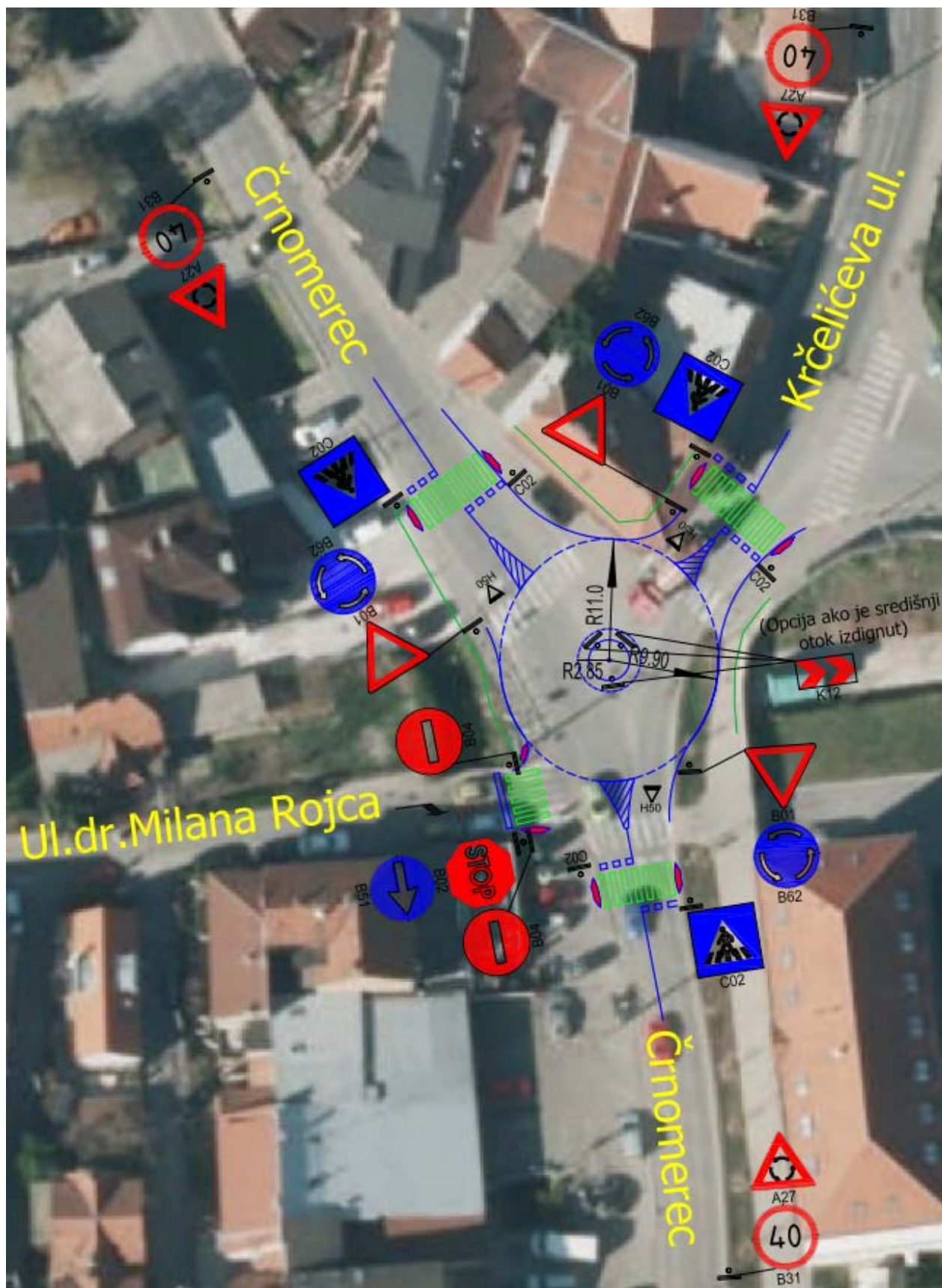
Izvor: Vlastiti izvor

Slika 15. Konfliktne točke predloženog raskrižja ulica Črnomerec – Krčelićeva – dr. Milana Rojca

Prema veličini vanjskog polumjera na predmetnom raskrižju moguće je izvesti mini ili malo urbano kružno raskrižje. Osim minimalnih razlika u očekivanoj brzini vožnje kroz raskrižje i okvirnom kapacitetu vozila po danu, detaljnije opisanih u točki 4.3.1., glavna razlika između "mini" i "malih" urbanih kružnih raskrižja je u načinu izvedbe središnjeg otoka.

Mini urbano kružno raskrižje je raskrižje sa prevoznim središnjim otokom, koji je u cijelosti uzdignut u odnosu na kružni vozni trak i preko njega mogu prelaziti veća vozila (autobusi i teretna vozila).

Kod malih urbanih kružnih raskrižja središnji otok je uzdignuta fizička prepreka kružnog, elipsastog ili drugog prometno prikladnog oblika, postavljena u sredini kružnog raskrižja, koja sprečava vožnju izravno kroz kružno raskrižje.



Izvor: PGT Škunca d.o.o., Idejni projekt za izgradnju kružnog toka Črnomerec-Krčelićeva-Ul. dr. Milana Rojca, Zagreb 2014.

Slika 16. Prometno rješenje raskrižja ulica Črnomerec – Krčelićeva – dr. Milana Rojca

U oba slučaja pješački promet odvija se po nogostupu s obje strane križanja a biciklistički promet po kolniku. Oba predložena rješenja su jednostrana kružna raskrižja, izvedena većinom unutar gabarita postojećeg klasičnog raskrižja s minimalnim proširenjem kolnika, moraju biti izvedena s elementima, prometnom signalizacijom i opremom koja je u skladu sa zakonskom regulativom i prometno – sigurnosnim zahtjevima za kružna raskrižja kao što je prikazano na slici 16.

7. ZAKLJUČAK

Konstantni porast motoriziranog i nemotoriziranog prometa u gradovima sve više utječe na gustoću prometnih tokova. Često je slučaj da klasična rješenja priključaka i križanja prometnih tokova nemaju potrebnu propusnu moć, a ishod toga je povećano vremena čekanja te stvaranje zastoja u vrijeme vršnog opterećenja zbog velikog broja konfliktnih točaka.

Raskrižje ulica Črnomerec - Krčelićeva – dr. Milana Rojca, četverokrako, nesemaforizirano raskrižje s horizontalnom i vertikalnom signalizacijom je primjer takvog slučaja. Zbog povećanja gustoće prometnih tokova na svim privozima povećava se i vrijeme čekanja za uključivanje u raskrižje, a posebno kod skretanja ulijevo zbog velikog broja konfliktnih točaka. Ishod izgradnje predloženog kružnog raskrižja bio bi smirivanje prometa, povećanje sigurnosti motoriziranog i nemotoriziranog prometa te postizanje maksimalne propusne moći raskrižja. Broj konfliktnih točaka smanjio bi se s 18 na 7 i eliminirale bi se sve točke križanja prometnih tokova koje su posebno opasne zbog težih posljedica.

Mini i mala urbana kružna raskrižja u pravilu imaju veću propusnu moć i višu razinu prometne sigurnosti te manje troškove izvedbe i održavanja od klasičnih raskrižja, a zbog malih radijusa pogodna su za urbane sredine; što treba uzeti u obzir prilikom projektiranja te izgradnje novih ili rekonstrukcije postojećih raskrižja.

LITERATURA

KNJIGE:

- [1] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [2] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008.
- [3] Legac, I. i koautori: Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

OSTALO:

- [1] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Rijeka 2014.
- [2] PGT Škunca d.o.o., Idejni projekt za izgradnju kružnog toka Črnomerec-Krčelićeva-Ul. dr. Milana Rojca, Zagreb 2014.

INTERNET:

- [1] https://bib.irb.hr/datoteka/786201.VI_Via-vita_Pilko_Barii_Bonjak.pdf, 17.12.2016.;
- [2] <http://www.prometna-zona.com/>, 17.12.2016.;
- [3] <https://www.google.hr/maps/@45.8148237,15.9373175,335a,20y,41.61t/data=!3m1!1e3>, 17.12.2016.;

POPIS SLIKA

Slika 1. Vrste prometnih tokova	3
Slika 2. Prometne radnje (deblje-glavni tok, tanje-sporedni tok)	5
Slika 3. Primjeri konfliktnih točaka u raskrižju	6
Slika 4. Podjela raskrižja	7
Slika 5. Klasični tipovi i pokazatelji za površinska raskrižja	10
Slika 6. Konfliktna točka u raskrižju s kružnim tokom	11
Slika 7. Primjeri raskrižja izvan razine	12
Slika 8. Prikaz elemenata kružnog raskrižja	13
Slika 9. Prometne nesreće u kružnom raskrižju	23
Slika 10. Načini vođenja biciklističkog prometa u zoni kružnog raskrižja	24
Slika 11. Prostor preglednosti u kružnom raskrižju	26
Slika 12. Primjer postavljanja prometne signalizacije na privozu urbanog i mini kružnog raskrižja	29
Slika 13. Postojeće stanje raskrižja ulica Črnomerec – Krčelićeva – dr. Milana Rojca	30
Slika 14. Konfliktna točka postojećeg raskrižja ulica Črnomerec – Krčelićeva – dr. Milana Rojca	31
Slika 15. Konfliktna točka predloženog raskrižja ulica Črnomerec – Krčelićeva – dr. Milana Rojca	32
Slika 16. Pregled prometnog rješenja raskrižja ulica Črnomerec – Krčelićeva – dr. Milana Rojca	33

POPIS TABLICA

Tablica 1. Karakteristike urbanih kružnih raskrižja	19
Tablica 2. Karakteristike izvan-urbanih kružnih raskrižja	20

METAPODACI

Naslov rada: POVEĆANJE SIGURNOSTI PROMETA NA RASKRIŽJU ULICA
ČRNOMEREC - KRČELIĆEVA – DR. MILANA ROJCA U GRADU ZAGREBU

Student: Hrvoje Ferina

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Grgo Luburić

Naslov na drugom jeziku (engleski): IMPROVEMENT OF TRAFFIC SAFETY FOR
INTERSECTION OF ČRNOMEREC STREET - KRČELIĆEVA STREET - DR. MILAN ROJC STREET
IN THE CITY OF ZAGREB

Povjerenstvo za obranu:

- izv.prof. dr.sc. Dubravka Hozjan predsjednik
- Izv. prof. dr. sc. Grgo Luburić mentor
- dr.sc. Rajko Horvat član
- izv. prof. dr. sc. Ljupko Šimunović zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za cestovni promet

Vrsta studija: Preddiplomski

Studij: Promet (npr. Promet, ITS i logistika, Aeronautika)

Datum obrane završnog rada: 07.03.2017.

Napomena: pod datum obrane završnog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom POVEĆANJE SIGURNOSTI PROMETA NA RASKRIŽJU ULICA
ČRNOMEREC - KRČELIĆEVA – DR. MILANA ROJCA U GRADU ZAGREBU

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 11.2.2017

(potpis)